

ЛІТЕРАТУРА

1. Павленко И.И. Кинематическая структура промышленных роботов// Известие ВУЗов «Машиностроение» №9, М.: 1977. — С. 25-28.
2. Павленко И.И. Структура промислових роботів. — Кіровоград.: КІСМ, 1998. — 100 с.
3. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей/ Ю.М. Соломенцев и др. — М. Машиностроение, 1989. — 192 с.

УДК 621833.2.004.14

М. Підгаєцький, О. Скібінський

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ПОЗАЦЕНТРОЇДНОГО ЦИКЛОЇДАЛЬНОГО ВНУТРІШНЬОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ

На базі відомої класифікації методів формоутворення зубчастих поверхонь різанням [1] можна зробити висновок, що існує два принципово протилежних напрямки:

перше — використання відносно простого інструмента (різальна кромка якого зводиться до матеріальної точки) приводить до необхідності створення складного верстата з великою кількістю рухів;

друге — використання відносно простого верстата (верстат має обмежену кількість рухів) приводить до необхідності створення складного інструмента, різальна кромка якого повторює форму оброблюємої поверхні, або форму спряжену з оброблюємою поверхнею.

Прикладом першого напрямку може бути зубодовбання в умовах обкату профільним різцем, а другого напрямку — контурне зубодовбання різцевою головкою.

Обидва ці напрямки ефективно експлуатуються в галузі обробки евольвентних зубчастих коліс. Але досвід використання їх в галузі обробки зубчастих коліс із епіциклоїдальними профілями [2] (позацентроїдного епіциклоїдального цівкового внутрішнього зачеплення ПЕЦВЗ) має ряд значних недоліків.

На рис. 1 представлені схеми обробки профілів деталей ПЕЦВЗ. Як видно із схем всі існуючі методи обробки [2], поз. 3, 4, 5, 6 вико-

ристовують складний інструмент, який до того ж має обмежену кількість переточувань.

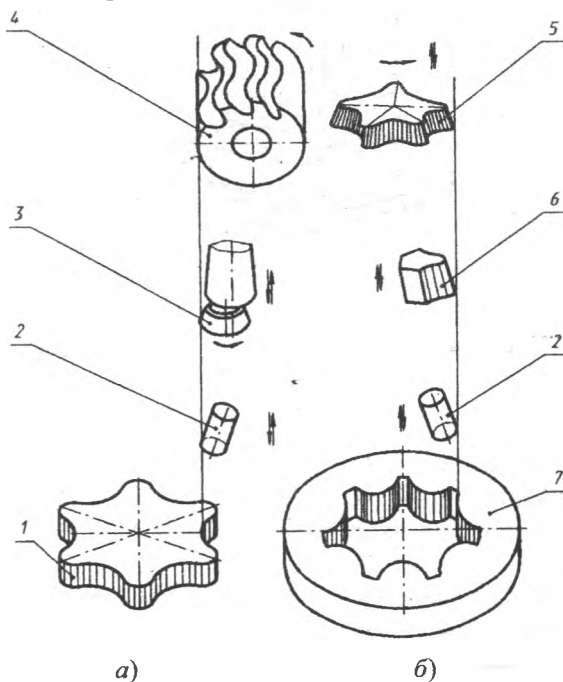
Обробка цими інструментами проводиться в умовах обкату традиційними методами притаманними обробці евольвентних зубчастих коліс. Кожний із інструментів (поз. 3, 4, 5, 6) може обробити лише деталі одного типорозміру.

Це обумовлено тим, що зубчасті колеса ПЕЦВЗ відрізняються від евольвентних тим, що не мають такого універсального, об'єднуючого показника, як модуль і на кожний їх типорозмір необхідно створювати спеціальний інструмент.

Таке положення можна усунути застосувавши третє, принципове направлення, яке вміщує в собі компроміс між першим і другим напрямками.

Це направлення передбачає створення інструмента і верстата спрощених конструкцій, з одночасним введенням в систему інструмент — верстат — виріб додаткових елементів.

Як видно із схем (рис. 1) одним об'єднуючим обидві деталі ПЕЦВЗ способом обробки є обробка інструментом, різальна кромка якого зводиться до матеріальної точки (поз. 2).



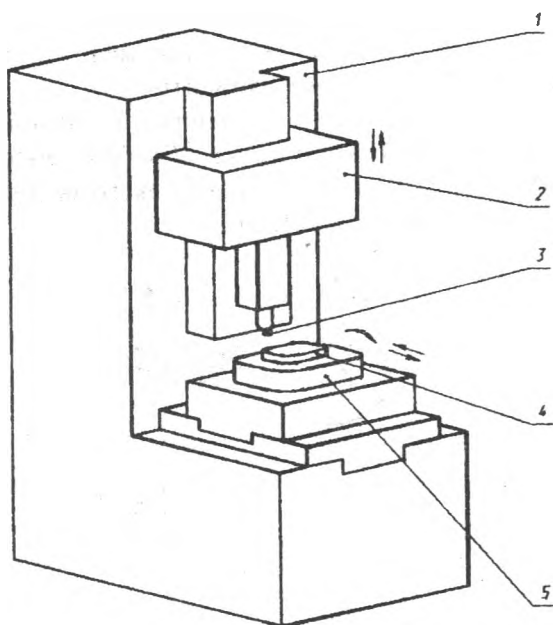
- а.) обробка зовнішніх зубців внутрішнього колеса;
б.) обробка внутрішніх зубців зовнішнього колеса;
1 — внутрішнє колесо із зовнішніми зубцями; 2 — інструмент точкового різання; 3 — довбач, адекватний до цівки з обертанням навколо осі не співвісної з власною віссю; 4 — черв'ячна фреза; 5 — дисковий довбач; 6 — однопрофільний довбач з профілем, який повторює профіль спряженої деталі; 7 — зовнішнє колесо із внутрішніми зубцями.

Рисунок 1 — Схеми обробки профілів деталей ПЕЦВЗ

Це забезпечує максимальне спрощення інструменту. Але при використанні такого інструмента необхідні додаткові елементи в системі інструмент — верстат — виріб, які б забезпечили рух інструмента по визначеній траєкторії.

Якщо цю задачу вирішувати за рахунок верстата, то для кожного типорозміру ПЕЦВЗ необхідно мати окремий верстат, що економічно не доцільно.

Більш доцільно вирішувати цю задачу за рахунок введення в систему додаткових елементів у вигляді шпіндельних вузлів виробу та інструменту (рис. 2). Така схема дає змогу на одному верстаті обробляти обидва колеса ПЕЦВЗ різних типорозмірів.



1 — верстат (забезпечення рухів різання V , радіальної подачі S_r , колової подачі S_k); 2 — шпіндельний вузол інструменту; 3 — інструмент; 4 — оброблюєми виріб; 5 — шпіндельний вузол виробу

Рисунок 2 — Компоновка верстата для обробки зубодовбанням деталей ПЕЦВЗ

При цьому для обробки кожного типорозміру проводиться зміна шпіндельних вузлів виробу і інструмента.

Шпіндельний вузол виробу в усіх випадках виконує планетарний рух, конкретного для даної ПЕЦВЗ кола обкату, а шпіндельний вузол інструмента виконує рух по траєкторії еквідистантній профілям зубців конкретної передачі. Всі інші рухи необхідні для обробки виробу виконуються верстатом.

Така схема наближає технологію обробки профілів деталей ПЕЦВЗ до гнучкої, верстат,

який використовується створюється по модульному принципу.

Для порівняння описаних способів обробки ПЕЦВЗ доцільно ввести поняття питомої собівартості способу, яка враховує собівартість роботи сил різання, собівартість верстата та інструмента.

В загальному вигляді питому собівартість способу можна виразити формулою:

$$C_{\text{п.т. i}} = C_{Ai} + C_{\text{верст. i}} + C_{\text{ін. i}}, \quad (1)$$

де C_{Ai} — питома собівартість роботи сил різання;

$C_{\text{верст. i}}$ — питома собівартість верстата;

$C_{\text{ін. i}}$ — питома собівартість інструмента.

Питома собівартість роботи сил різання C_{Ai} визначається по формулі, яка враховує потужність різання N і машинний час обробки T :

$$C_{Ai} = N \cdot T \quad (2)$$

Питома собівартість верстата $C_{\text{верст. i}}$ визначається по формулі, яка враховує коефіцієнт його складності $K_{\text{скл.верст.}}$ (визначається кількістю робочих рухів, які має верстат) і максимально можливу кількість деталей, яку можна обробити на даному верстаті за період його експлуатації M :

$$C_{\text{верст. i}} = \frac{K_{\text{скл.верст.}}}{M} \quad (3)$$

Питома собівартість інструмента визначається по формулі, яка враховує ступінь складності різальної кромки $K_{\text{скл.р.к.}}$, ступінь активності різальної кромки K_a (визначається відношенням довжини траєкторії, яку проходить різальна кромка інструмента при одному циклі обробки до середньої довжини траєкторії різання) та коефіцієнт використання інструментального матеріалу $K_{\text{в.м.}}$:

$$C_{\text{ін. i}} = K_{\text{скл.р.к.}} + K_a + K_{\text{в.м.}} \quad (4)$$

Таким чином, якщо прийняти ряд умовностей можливо розрахувати відносну собівартість кожного із відомих способів обробки деталей ПЕЦВЗ.

Так відносна собівартість відомих способів обробки зовнішніх зубців внутрішнього колеса: обробка черв'ячною фрезою (поз. 4, рис. 1а), обробка довбачем, адекватним до цівки з обертан-

ням навколо осі не співвісної з власною віссю (поз. 3, рис. 1а) складає 55 і 22 відносних одиниць відповідно.

Відносна собівартість відомих способів обробки внутрішніх зубців зовнішнього колеса: обробка дисковим довбачем (поз. 5, рис. 1б), обробка однопрофільним довбачем з профілем, який повторює профіль спряженої деталі (поз. 6, рис. 1б) складає 25 і 20 відносних одиниць відповідно.

Відносна собівартість способу обробки профілів деталей ПЕЦВЗ з використанням простого інструмента точкового різання і змінних шпіндельних вузлів виробу та інструмента (поз. 2, рис. 1а,б) складає 15 відносних одиниць, що говорить про доцільність його застосування при обробці профілів деталей ПЕЦВЗ.

Представлений на рис. 2 універсальний довбальний верстат комплектується набором змінних шпіндельних вузлів інструмента і виробу на уніфікований ряд деталей ПЕЦВЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федотенко А.А., Кинематическая структура металлорежущих станков, М.: Машиностроение, 1979. — 400 с.
2. Шанников В.Н., Планетарные редукторы с внецентроидным циклоидальным зацеплением, Л.: Машгиз, 1954. — 200 с.

УДК 621.9

І. Луців

АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРИ БАГАТОЛЕЗОВІЙ ОБРОБЦІ

Розраховані амплітудно-частотні характеристики верстатно-інструментального оснащення із кінематичними міжінструментальними зв'язками (КМІЗ) при багатолезовому різанні. Показано, що використання такого оснащення дозволяє суттєво підвищити динамічну точність обробки порівняно із неадаптивною однолезовою.

Умовні позначення:

x_i — зміщення ріжучих елементів в осьовому напрямку;

u — радіальна деформація системи верстатно-інструментального оснащення;

w_i — зміни товщин зрізуваного шару на ріжучих елементах;

ω — кругова частота обертання заготовки;

e — ексцентриситет деталі;

φ — головний кут в плані ріжучих елементів;

μ_{tr} — коефіцієнт тертя стружки до передньої поверхні ріжучих елементів;

m, h, c — інерційні, демпфуючі і жорсткісні характеристики механізмів КМІЗ;

M, H, C — інерційні, демпфуючі і жорсткісні характеристики динамічної системи верстатно-інструментального оснащення.

Практика лезової обробки поверхонь обертання показує, що на формування точності оброблюваних деталей в радіальному напрямку сильно впливає змінний по периметру поверхні припуск. До таких випадків відносяться і обробка заготовок із значним радіальним биттям та овальних заготовок, і обробка геометрично правильних циліндричних поверхонь, поздовжні осі яких зміщені відносно осі обробки.

Зазначені умови в процесі обробки призводять до періодичної зміни товщини зрізуваного шару, що в свою чергу супроводжується коливаннями величини зусилля різання, в тому числі його радіальної складової. Вібrazioї, викликані цією зміною, негативно відображаються на якості обробки. При цьому сумарну похибку обробки можна вважати сумою статичної похибки, що визначається деформацією заготовки під дією усталеної сили різання, і динамічної похибки, викликані зміною цієї сили.

Зменшенню і статичної, і динамічної похибок сприяє використання багатолезового верстатно-інструментального оснащення з кінематичними міжінструментальними зв'язками [1]. При цьому ріжучі елементи оснащення симетрично розміщують по периметру заготовки. Між цими елементами, які є рухомими в осьовому напрямку, організовано кінематичний міжінструментальний зв'язок (КМІЗ) засобами вирівнювальних механізмів. Таким чином, в процесі багатолезового різання подачі ріжучих елементів узгоджуються між собою, а обробка стає адаптивною, самоналагоджувальною.

При цьому в зв'язку з тим, що при використанні КМІЗ практично виключені статичні пружні деформації оброблюваної деталі під дією радіальних складових зусиль різання [2], загальна похибка обробки визначається саме динамічною помилкою.